



RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTORES:

NOMBRE: EDGAR LEONARDO **APELLIDOS:** ASTUDILLO MORA

FACULTAD: INGENIERÍAS

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

DIRECTOR:

NOMBRES: GLORIA ESMERALDA **APELLIDOS:** SANDOVAL MARTINEZ

NOMBRES: RICARDO AURELIO **APELLIDOS:** RINCÓN PARRA

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): ANÁLISIS, DISEÑO Y SELECCIÓN DE UN SISTEMA ENCARGADO DE MEJORAR LA CALIDAD DE LA POTENCIA DEL SERVICIO DE DISTRIBUCION DE ENERGIA EN CENTRALES ELECTRICAS DEL NORTE DE SANTANDER S.A. E.S.P. (CENS S.A. E.S.P.)

RESUMEN

Este documento propone el análisis, diseño y selección de un sistema que tiene como propósito, mejorar la calidad de la potencia en el servicio de distribución de energía en Centrales Eléctricas Del Norte De Santander S.A. E.S.P., el proyecto se llevó a cabo con el fin de cumplir con la normativa establecida por la Comisión de Regulación de Energía y Gas –CREG-, entidad que basa sus niveles de distorsión total armónica de voltaje, en la resolución CREG 024 del año 2005, y en donde CENS S.A. E.S.P. en la actualidad, es vigilada por exceder presuntamente los límites establecidos por dicha entidad.

Para el desarrollo de este proyecto se tienen en cuenta una serie de metodologías que permiten analizar las causas y el modelamiento de tales niveles. A partir de las mediciones realizadas, la carga conectada en tal sector se implementa en el software DigSILENT Power Factory. Donde utilizando procesos algebraicos y posteriores simulaciones se obtiene el modelo que presenta mayor similitud con el punto evaluado. Con base a una serie de criterios y estudios previamente hechos se selecciona el tipo de sistema a implementar, y donde utilizando nuevamente el entorno del software DigSILENT Power Factory, implementamos la red con el sistema diseñado ya conectado a esta, obteniendo unos niveles de distorsión total armónica de voltaje que se ajustan a los establecidos por la CREG.

PALABRAS CLAVES: distorsión armónica, carga no lineal, filtro, resonancia serie, resonancia paralela.

CARACTERISTICAS:

PÁGINAS: 179 **PLANOS:** 1 **ILUSTRACIONES:** **CD ROOM:** 1

ANALISIS, DISEÑO Y SELECCIÓN DE UN SISTEMA ENCARGADO DE MEJORAR LA
CALIDAD DE LA POTENCIA DEL SERVICIO DE DISTRIBUCION DE ENERGIA EN
CENTRALES ELECTRICAS DEL NORTE DE SANTANDER S.A. E.S.P. (CENS S.A. E.S.P)

EDGAR LEONARDO ASTUDILLO MORA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA
CÚCUTA
2015

ANALISIS, DISEÑO Y SELECCIÓN DE UN SISTEMA ENCARGADO DE MEJORAR LA
CALIDAD DE LA POTENCIA DEL SERVICIO DE DISTRIBUCION DE ENERGIA EN
CENTRALES ELECTRICAS DEL NORTE DE SANTANDER S.A. E.S.P. (CENS S.A. E.S.P.)

EDGAR LEONARDO ASTUDILLO MORA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Electromecánico

Director

Esp. IEM GLORIA ESMERALDA SANDOVAL MARTINEZ

Codirector

Esp. I.E. RICARDO AURELIO RINCON PARRA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA

CÚCUTA

2015



ACTA DE SUSTENTACIÓN TRABAJO DE GRADO
MODALIDAD TRABAJO DIRIGIDO

FECHA: JUEVES 27 DE AGOSTO DE 2015

HORA: 02:30 P.M.

LUGAR: SALA 4 CREAD

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA ELECTROMECÁNICA

TITULO DEL TRABAJO DE GRADO: "ANÁLISIS, DISEÑO Y SELECCIÓN DE UN SISTEMA ENCARGADO DE MEJORAR LA CALIDAD DE LA POTENCIA DEL SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA EN CENTRALES ELÉCTRICAS DE NORTE DE SANTANDER S.A. E.S.P (CENS S.A E.S.P)".

JURADOS: M.Sc. GERMÁN GALLEGO.
M.Sc. LUIS RODOLFO DÁVILA

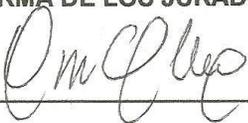
DIRECTOR: Esp. GLORIA ESMERALDA SANDOVAL

NOMBRE DEL ESTUDIANTE	CÓDIGO	CALIFICACIÓN
EDGAR LEONARDO ASTUDILLO MORA	1090460	4.4

OBSERVACIONES:

APROBADA

FIRMA DE LOS JURADOS:

VoBo. Coordinador Comité Curricular



Claudia M.



DEDICATORIA

A mis padres, quienes son el principal fundamento de todo lo que soy. A Ellos quienes con su entrega, dedicación y garra fueron participes de esta etapa. Esto es por Ellos, para Ellos y gracias a Ellos.

Edgar Leonardo Astudillo Mora.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

A la Esp. Ing. y directora de tesis Gloria Esmeralda Sandoval Martínez, por su colaboración, compromiso, por sus palabras de aliento y por creer en mis capacidades para la culminación de este proyecto.

Al Esp. Ing. y codirector de tesis Ricardo Aurelio Rincón Parra por su constante ayuda y apoyo, por sus consejos, asesorías y disponibilidad de tiempo.

A mi primo Gerson, por darme la confianza necesaria, su relevante apoyo y paciencia. A él, infinitas gracias.

Contenido

	Pág.
Introducción	2
1 Descripción del Problema	4
1.1 Título	4
1.2 Planteamiento del problema	4
1.3 Justificación	6
1.4 Objetivos	8
1.4.1 Objetivo general	8
1.4.2 Objetivos específicos	8
2 Marco de Referencia	9
2.1 Antecedentes	9
2.2 Marco teórico y conceptual	12
2.2.1 Calidad del servicio de energía eléctrica	12
2.2.2 Equipos de medición para la calidad de la potencia	13
2.2.3 Perturbaciones en la onda de tensión	16
2.2.3.1 Tipo de perturbaciones	16
2.2.4 Armónicos	20
2.2.5 Métodos de compensación armónica	23
2.2.5.1 Filtros activos	23
2.2.5.2 Filtros pasivos	25
2.2.6 Software de modelamiento y simulación	28
2.2.6.1 DigSILENT Power Factory®	28

2.2.6.2	Software AutoCAD® Electrical	30
3	Normativa	31
4	Diseño Metodológico Preliminar	33
4.1	Tipo de proyecto	33
4.2	Limitaciones	33
4.3	Delimitaciones	34
4.4	Actividades y metodología	34
5	Análisis y descripción del problema de distorsión armónica presente en CENS S.A. E.S.P.	38
6	Estrategia de compensación	50
6.1	Filtrado pasivo	50
6.2	Filtrado activo serie	51
6.3	Criterios de selección	53
7	Modelamiento del contenido armónico en el sistema de potencia	59
7.1	Sistema Nacional Interconectado Colombiano	59
7.2	Modelamiento del Sistema Nacional Interconectado	59
7.2.1	Creación de la base de datos	60
7.2.1.1	Creación del proyecto e importación de la plantilla	60
7.2.1.2	Creación del diagrama unifilar	62
7.2.1.3	Metodología para determinar los parámetros de la red externa	68
7.3	Modelamiento de la carga armónica	73
7.3.1	Calculo del diagrama Impedancia vs Frecuencia	73
7.3.2	Calculo de la distorsión armónica	79
7.3.3	Metodología desarrollada para el análisis armónico	83
8	Análisis de resultados	93

8.1	Análisis del lugar Geométrico Impedancia versus Frecuencia	93
8.1.1	Puntos de resonancia paralela	94
8.2	Análisis de la distorsión total armónica de voltaje (THDV)	97
8.3	Técnicas para la reducción de armónicos	99
8.3.1	Reducción del aporte de corrientes armónicas	99
8.3.2	Filtros pasivos	100
8.4	Diseño de los filtros pasivos	102
8.4.1	Caso de estudio 1	102
8.4.2	Caso de estudio 2	114
8.4.3	Caso de estudio 3	121
8.4.4	Caso de estudio 4	131
8.5	Comparación de los casos de estudio	143
9	Diagrama unifilar	145
10	Elementos de la red	147
10.1	Transformador	147
10.2	Celda de Entrada No 1	149
11	Propuesta	150
11.1	Localización del área física	150
11.2	Componentes necesarios	151
12	Conclusiones	154
13	Recomendaciones	157
	Referencias Bibliográficas	158
	Anexos	162